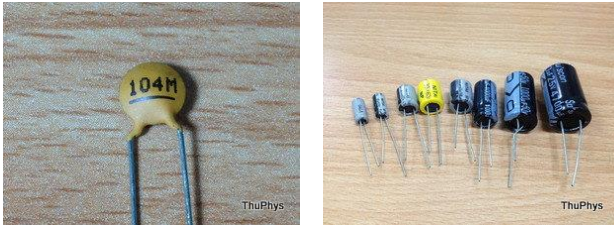
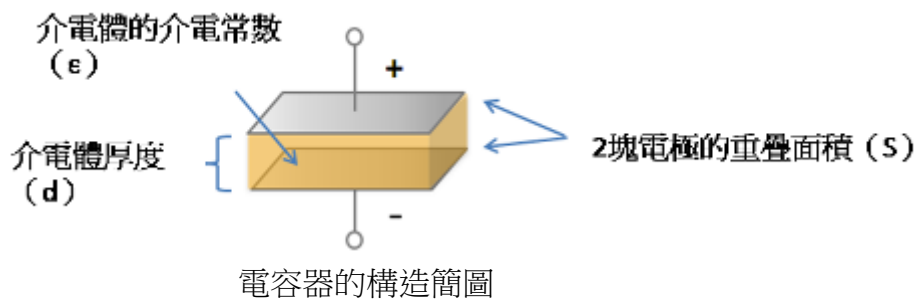


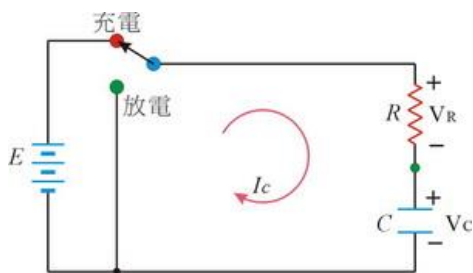
電容器



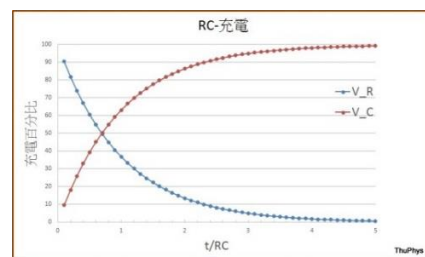
電容器在電路中常以 C 表示，電容器的基本結構為兩片金屬板，中間以絕緣物質隔離而做成的電子元件，具有儲存電荷的特性。在使用上具有使交流信號通過，隔離直流電源的功能。電容值越大表示對電荷的儲存能力越強，電容值的單位以法拉(F)表示。在使用上常會以 $\mu F(10^{-6}F)$ ， $pF(10^{-12}F)$ 來表示較小的電容值。電容器的用途由於具有儲存電荷的能力，可用於諧振、濾波、振盪等電路中；由於具有使交流信號通過，隔離直流電源的能力，理論上也不會導致功率的耗損，使用時要注意電容的額定電壓，避免端電壓過高，使電容器損壞。



由於電容器中有絕緣的電介質阻隔(如上圖)，電子很難直接穿過電容器。簡單來說，當直流電流流過電容器時，電容器的一端會累積電子，另一端會流失電子，電容器則維持電中性，這樣的過程稱為**充電**。



RC 充放電電路



電容充電的電壓與電流曲線

上圖為電容充電的電壓與電流曲線，當 $t=0$ 時，電容相當於一個電壓為零的電壓源，電源 E 要通過內阻 r 向它充電。既然此時的電容是電壓源，所以我們可以理解它事實上是短路的，因此充電電流的最大值。

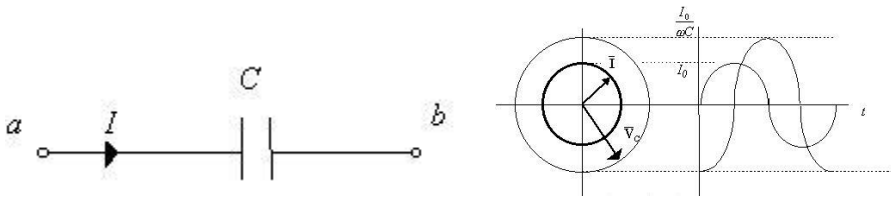
經過 $5RC$ 的時間，電流已經為零，而電壓則充到近乎於 E 。從此以後，流經電容的電流不會再發生任何變化，這時的電容就起到隔絕直流電的作用。

來源: 電世界

那為什麼電容器可以讓交流電通過呢?

如果把電容器接到交流電路上，由於交流電電壓的大小和方向不斷變化，電容器就會交替地充電，放電反覆進行，此時電容器的兩極板間仍不會有電荷通過，但在交流電路中卻形成了方向和大小都不停變化的交流電流，就像電容器能通過交流電一樣，這就是交流可以“通過”電容器的道理。

以數學公式推論如下:



交流電中的電壓與電流的相位圖

假設一交流電流 $I = I_0 \sin \omega t$ 流經一電容 C ，ab 兩段的電壓差為 $V_c = \frac{Q}{C}$ ，

$$Q = \int I dt = \int I_0 \sin \omega t dt = -\frac{I_0}{\omega} \cos \omega t + K$$

K 和初始條件有關，先令其為 0，所以可得:

$$V_c = -\frac{I_0}{\omega C} \cos \omega t = \frac{I_0}{\omega C} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

電容的電壓和電流有 90 度的相位差，電容的電壓是落後電流相位 90 度。

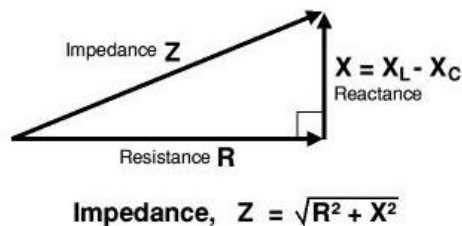
[容抗]

阻抗分為兩部份:

電阻 R (與頻率變化無關)

電抗 X (隨著電容和電感的頻率變化而變化)

因為流經電容和電感內的電流和電壓會有相位差，所以電阻 R 和電抗 X 不能直接相加變成阻抗，必須用電抗和電阻的向量相加方式，如下。



對於正弦或餘弦的交流電路較為便利的運算分析是使用**複數分析**，電容的電抗稱之為容抗 X_c ，電壓 $V_0\cos(\omega t)$ 用複數表示是 $V_0e^{j\omega t}$ ，用尤拉表示式 $e^{j\omega t} = \cos\omega t + j\sin\omega t$ ， $j=\sqrt{-1}$ ，所以實際的電壓和電流在複數的表示式會包含 $e^{j\omega t}$ ，取實部： $V(t)=\text{RE}(Ve^{j\omega t})$ ， $I(t)=\text{RE}(Ie^{j\omega t})$ ，換句話說：

$$V(t)=V_0\cos(\omega t) = \text{RE}(V_0e^{j\omega t})$$

$$I(t)=C(dV/dt) = j\omega C*\text{RE}[V_0e^{j\omega t}] = \text{RE}\left[\frac{V_0e^{j\omega t}}{\frac{1}{j\omega C}}\right] = \text{RE}\left(\frac{V_0e^{j\omega t}}{X_c}\right)$$

$$\text{所以容抗 } Z = X_c = 1/\omega C = \frac{1}{2\pi fC}$$

電容器總類:

電容符號：



有極性的電容以 圖(a)表示：電解電容

無極性的電容以 圖(b)表示：陶瓷電容 / 麥拉電容 / 鈹質電容 / 雲母電容

名稱	圖示	備註、說明
陶瓷電容		常被用於高頻電路中。最耐溫。腳位沒有分極性。電容量大多在 0.1 μ F 以下。電容量小，易被取代。
麥拉電容 Myler 電容		以 PE 塑膠薄膜為介質製作而成，也稱 PE 電容、塑膠電容。腳位沒有分極性。頻率高、耐壓性高。體積較大，小型化困難。
鈹質電容		電容量最穩定，漏電損失最低，溫度影響少。鈹質為高污染品且為管制物料 市場規模小，生產量小，單價最貴。長腳為正極、短腳為負極。
電解電容		以電解質產生氧化膜為介質。長腳為正極，短腳為負極。若正負極反接，電解電容的介質會被破壞而發熱膨脹，甚至爆炸。使用溫度範圍最廣，靜電容量最高。受溫度影響，電容量易產生變化、高頻的特性較差、電容器壽命有限。
雲母電容		最耐壓、最耐溫。礦產少，價格較昂貴，無法做成大型品。

補充說明：

如何由電容編碼取得電容值。



電容的編號表：

第一位	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
第二位	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
第三位	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9

(表一) 電容器的電容量。單位：pF。

電容誤差以字母標示如下表：

	$\leq 10\text{pF}$		J		$\pm 5\%$
B	$\pm 0.1\text{pF}$	$\geq 10\text{pF}$	K		$\pm 10\%$
C	$\pm 2.25\text{pF}$		M		$\pm 20\%$
D	$\pm 0.5\text{pF}$		P		$-0\sim+100\%$
E			S		$-20\sim+50\%$
F	$\pm 1\text{pF}$	$\pm 1\%$	W		$-0\sim+200\%$
G		$\pm 2\%$	X		$-20\sim+40\%$
H		$\pm 2.5\%$	Z		$-20\sim+80\%$

(表二) 電容誤差

假設電容編號為 104M

再對一下 電容編號表 (表一)及電容誤差 (表二)

第一位(十位數)：1、第二位(個位數)：0、第三位(指數)：4、第四位(誤差)：M

所以 編號 104M 的電容值： $10 \times 10^4 \text{ pF} \pm 20\% (p = 10^{-12}) = 100000\text{pF} \pm 20\% = 0.1\mu\text{F} \pm 20\%$

以此類推~

編號 103 電容： $10 \times 10^3 \text{ pF} (p = 10^{-12}) = 10,000\text{pF} = 0.01\mu\text{F} (\mu = 10^{-6})$

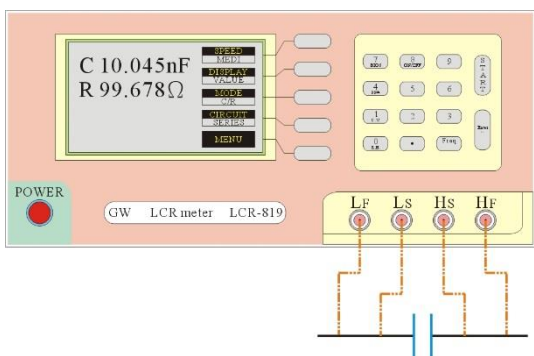
編號 102 電容： $10 \times 10^2 \text{ pF} (p = 10^{-12}) = 1,000\text{pF} = 0.001\mu\text{F} (\mu = 10^{-6})$

編號 472 電容： $47 \times 10^2 \text{ pF} (p = 10^{-12}) = 4.7\text{nF} (n = 10^{-9})$

爆電容影片：<https://www.youtube.com/watch?v=DieTW0oPZGk>

實驗步驟與數據

項目一：隨頻率改變的電容值



LCR 校正.pdf

- (1) 首先要了解 LCR meter 如何使用和校正！
- (2) 取一 10 pF 電容將其兩端適當連接於 LCR-819，如上圖。
- (3) 設定面版：MODE 設定為 C/D 或 C/R 兩者均可。
- (4) 設定頻率：面版按【Freq】→按面版上的數字鍵→【Enter】。
- (5) 按【START】，開始掃瞄。記錄數據 C。
- (6) 改變 LCR-819 量測頻率，重複步驟 3-4，完成表一。
- (7) 會出 電容-頻率圖。
- (8) 利用公式 $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ 算出容抗值，並填入表二
- (9) 繪出 容抗-頻率圖。

頻率(KHz)	0.020	0.050	0.100	0.200	0.500	0.800	1.000	2.000	5.000
電容值									
頻率(KHz)	7.500	15.000	20.000	25.000	30.000	40.000	50.000	80.000	100.000
電容值									

表一

頻率(KHz)	0.020	0.050	0.100	0.200	0.500	0.800	1.000	2.000	5.000
容抗									
頻率(KHz)	7.500	15.000	20.000	25.000	30.000	40.000	50.000	80.000	100.000
容抗									

表二